

ОБ ОШИБКАХ ЦЕНТРИРОВАНИЯ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ КОРОТКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

Б. И. БОЛЬШАНИН

При измерении углов, образованных короткими сторонами, ошибки центрирования могут вносить в результаты наблюдений большие погрешности.

Ошибки центрирования инструмента над точкой подразделяются на случайные и систематические.

Случайные ошибки при центрировании инструмента обычным (шнурковым) отвесом могут быть вызваны колебаниями отвеса, эксцентричностью его острия и неудобствами наблюдения за отвесом на уровне почвы. Даже при благоприятных условиях эти ошибки могут составлять 1—1,5 мм. При работе с оптическими центрами случайные ошибки центрирования инструмента слагаются из ошибок наведения на точку и нивелирования инструмента. При высоте штатива 1,1—1,2 м они составляют 0,2—0,3 мм.

Систематические ошибки при обычном отвесе являются следствием несовпадения нити отвеса с осью вращения инструмента, приведенного в рабочее положение. При оптическом центре они возникают из-за неточной установки сетки нитей центра.

В геодезической литературе нет рекомендаций относительно проверки взаимного положения нити отвеса и оси вращения инструмента—этот вопрос не возникал. Поверку же оптического центра рекомендуют производить так. С помощью зрительной трубы выверенного инструмента на полу устанавливаются два створа, точка пересечения которых принимается за центр инструмента. Точность такого определения действительного центра инструмента не высокая, при самых благоприятных условиях погрешность может составить 2—3 мм. При такой точности центрирования ошибка короткого направления (около 5 м) будет составлять 1',5—2' и, очевидно, для многих случаев практики будет грубой.

Известен еще такой метод проверки оптического центра. Теодолит приводят в рабочее положение и карандашом на головке штатива отмечают положение трегера—металлической пластины, а на полу—проекцию сетки нитей центра. Затем треножник поворачивают на 120°, трегер совмещают с отметками на головке штатива, инструмент опять нивелируют и второй раз отмечают на полу проекцию сетки нитей. Третий раз проекцию сетки нитей центра отмечают, повернув треножник еще на 120° и проделав те же операции по установке инструмента. Если сетка нитей оптического центра установлена не на

месте, то на полу получатся три точки, образующие равносторонний треугольник. Сетку нитей центрира после этого устанавливают на центр треугольника. При симметричном трегере этот метод может дать хорошие результаты—погрешность не будет превышать 2 мм.

Оба эти способа проверки оптического центрира могут удовлетворять только в тех случаях, когда ошибкой центрирования в 3—4 мм можно пренебречь. При измерении углов, образованных короткими направлениями, такой ошибкой пренебрегать нельзя. В настоящей работе рассматривается вопрос, как можно получить правильные результаты угловых измерений коротких направлений при наличии ошибки в установке сетки нитей центрира и как точно определить ошибку центрирования.

Если измерение углов выполнять тремя приемами с поворотом подставки теодолита после каждого приема на 120° , то среднее значение будет свободно от влияния систематической ошибки центрирования.

Определение ошибки центрирования можно сделать по результатам таких же наблюдений четырех коротких (3—5 м) направлений, расположенных примерно через 90° . Линейный и угловой элементы ошибки центрирования определяются по отклонениям результатов измерений углов, близких к 180° , от их среднего значения. Для i -го приема мы будем иметь последовательно:

$$1) e_{13}^i = \frac{\Delta \beta_{13}^i}{K_{13}}; \quad 2) e_{24}^i = \frac{\Delta \beta_{24}^i}{K_{24}}.$$

$$3) K_{13} = \frac{\rho}{d_1} + \frac{\rho}{d_3}; \quad 4) K_{24} = \frac{\rho}{d_2} + \frac{\rho}{d_4};$$

$$5) \Delta \beta_{13}^i = \beta_{13}^i - \beta_{13}; \quad 6) \Delta \beta_{24}^i = \beta_{24}^i - \beta_{24}.$$

$$7) e^i = \sqrt{(e_{13}^i)^2 + (e_{24}^i)^2}; \quad 8) \operatorname{tg} \Theta_i' = \frac{e_{13}^i}{e_{24}^i}; \quad 9) \Theta_i = \Theta_i' + A_i$$

e_{13}^i и e_{24}^i — составляющие линейного элемента ошибки центрирования, перпендикулярные направлениям 1—3 и 2—4 из i -го приема (1, 2, 3, и 4—номера направлений);

d_i — расстояние от инструмента до точек наведения;

β^i — угол, измеренный в i -ом приеме;

β — среднее значение угла из трех приемов;

e^i — линейный элемент ошибки центрирования в i -ом приеме;

Θ_i — угловой элемент ошибки центрирования;

A_i — условный азимут треножника, устанавливаемый по направлению трубки оптического центрира или зажимного винта его.

Знаки составляющих e_{13}^i и e_{24}^i будут такими же, как и знаки разностей $\beta^i - \beta$, если за β принимать угол, обращенный в сторону положительного направления координатных осей. Координатную ось x надо брать совпадающей с одним из измеряемых направлений.

В табл. 1 и 2 приведены данные наблюдений четырех направлений, выполненные теодолитом ТТ-4 № 19669, и соответствующие вычисленные значения составляющих линейного элемента ошибки центрирования.

На основе этих данных расположение центра инструмента относительно точки наблюдения можно получить графически. Это просто и наглядно. При этом отпадает необходимость в определении углового элемента ошибки центрирования.

Таблица 1

Направл. Приемы	1	2	3	4	A
I	0° 0' 0"	87° 37' 10"	178° 01' 14"	261° 20' 47"	165°
II		35 12	2 32	23 38	285
III		39 22	6 11	24 51	45
d	3,57 м	3,57	5,14	5,14	
$\frac{\rho}{d}$	57,8 "/м.м	57,8	40,1	40,1	

Таблица 2

Приемы	β_{13}	$\Delta\beta_{13}$	e_{13}	β_{24}	$\Delta\beta_{24}$	e_{24}	e (м.м)
I	178°01'14"	-125"	-1,28	173°43'37"	-134"	-1,39	1,99
II	02 32	- 47	-0,48	48 26	+155	+1,58	1,65
III	6 11	+172	+1,76	45 29	- 22	-0,23	1,78
Среднее K	178°03'19" 97,9			173°45'51" 97,9			1,77

На рис. 1 показана схема расположения наблюдаемых точек и расположение координатных осей. На рис. 2, 3 и 4 приведены графические построения положений центра инструмента I_1 , I_2 , I_3 и трубки оптического центрира CW_1 , CW_2 , CW_3 для I, II и III приемов. При данном выборе координатных осей относительно наблюдаемых направлений отрезки e_{13} откладываются по оси Y, а e_{24} по оси X. Для сопоставления полученных результатов их следует перенести на одну восковку (рис. 5). При перенесении точки I положения трубки оптического центрира во II и III приемах совмещались с линией CW_1 . Треугольник погрешности (1—2—3) показывает точность выполненной работы: ошибка определения положения оси инструмента в данном случае составляет около 0,15 мм.

Исправление систематической ошибки в инструментах с оптическим центриром делается перемещением сетки нитей; проекцию креста сетки следует переместить из точки I в точку C. Точку подвеса обычного (шнуркового) отвеса изменить трудно, поэтому при коротких направлениях наблюдения следует выполнять тремя приемами с поворотом подставки теодолита на 120°. При большом объеме работ следует на одной станции провести наблюдения тремя приемами и получить элементы систематической ошибки. На следующих станциях наблюдения можно делать только одним приемом, вводя соот-

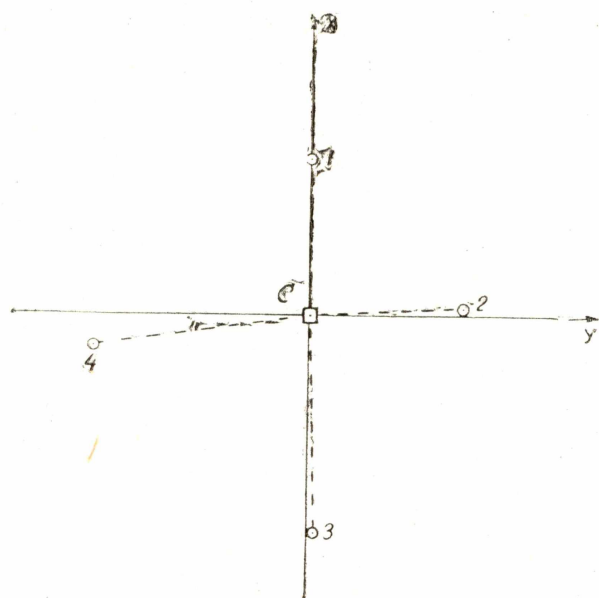


Рис. 1.

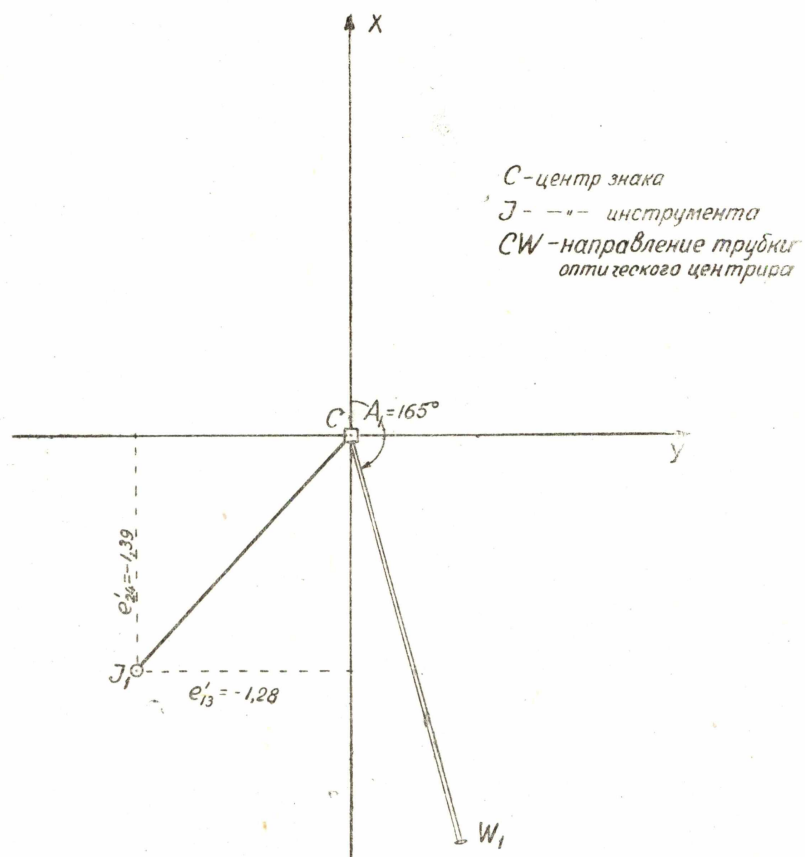


Рис. 2.

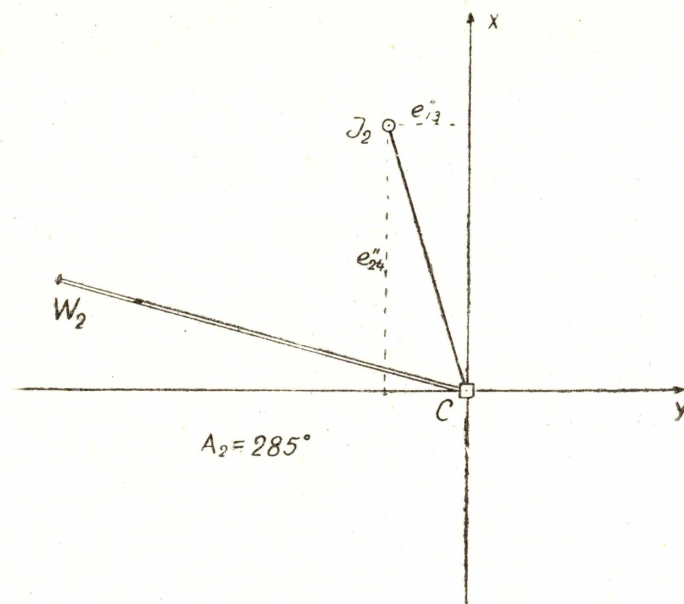


Рис. 3.

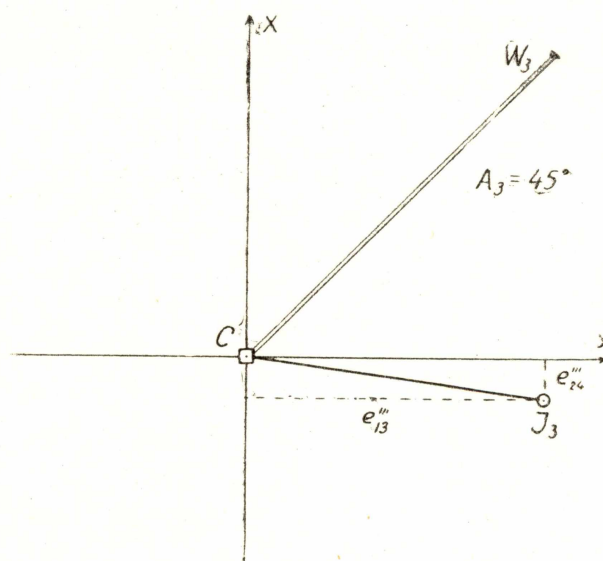


Рис. 4.

ветствующие поправки в наблюдаемые направления или углы. Следует иметь в виду, что линейный элемент ошибки центрирования оптического центра изменяется прямо пропорционально высоте головки штатива над точкой стояния.

В заключение заметим, что для достижения высокой точности центрирования оптическим центром зажимной винт треножника перед центрированием следует ослабить, а после центрирования закре-

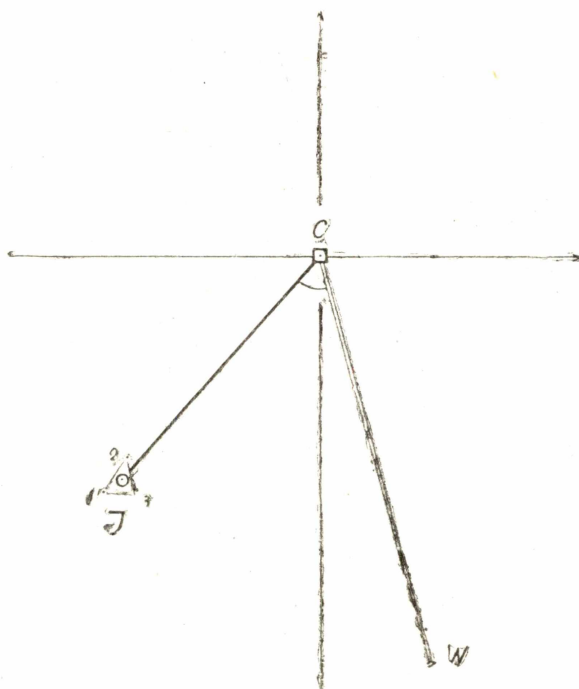


Рис. 5.

пить. Вследствие имеющегося люфта между втулкой теодолита и втулкой треножника после закрепления винта последнего ось вращения теодолита может немного наклониться. Перед наблюдениями необходимо сделать нивелировку инструмента. После этого крест сетки сойдет с точки, над которой центрируется инструмент, но центрирование от этого не нарушится.